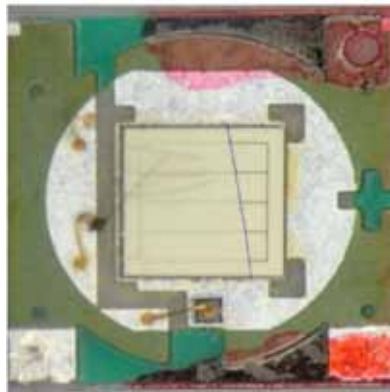


## 避免由PCB弯曲或挠曲引起的陶瓷基底型LED芯片裂纹



由于PCB弯曲 / 挠曲引起的LED芯片裂纹（蓝色突出显示部分）

### 目录

前言 .....	1
LED光源组件 .....	2
什么可能导致PCB弯曲 / 挠曲? .....	4
从由PCB弯曲 / 挠曲引起的LED芯片裂纹中观察到的趋势 ....	5
总结 .....	7
参考文献.....	8

### 前言

印刷电路板 (PCB) 的弯曲和 / 或挠曲是在电子板装配过程中已知存在并容易遇到的一种不可避免的现象。PCB弯曲和 / 或挠曲是板组件的电子元件承受的拉伸应力的根源。这可能使较脆的元件 (如陶瓷型电子元件) 产生微裂纹, 并最终可能导致元件发生致命故障。因此, 世界各地许多标准组织都指定了测试电子板组件时必须依照的各种方法, 以确保电子板组件的坚固性, 并且这些测试方法有时作为更加严格的环境测试 (如热循环或热冲击) 的先决条件。

本应用说明探讨了在LED灯具的故障陶瓷基底型LED元件中观察到的趋势和症状。Cree对此类光源的测试和分析揭示了在LED芯片及陶瓷基底上出现一个或多个裂纹的LED。本应用说明的目的并不是为了确定和量化引起LED芯片和陶瓷基底裂纹的所有条件, 而是为了说明PCB弯曲和挠曲引起裂纹的一些普遍原因并建议一些措施来尽量减少裂纹的发生。

多层陶瓷芯片 (MLCC) 电容器业界对由PCB弯曲 / 挠曲引起的元件裂纹进行了大量调查。当安装有元件的电路板弯曲时, 电路板形成一个弧形, 大量的应力通过焊点被传递给陶瓷电容器。陶瓷材料本性硬而脆且无弹性, 因此, 由PCB弯曲引起的任何应力均会被直接传递给陶瓷型电子元件主体。该压力必须以某种方式得到释放, 因而陶瓷型电子元件上就可能产生裂纹。直接在受影响元件中检测裂纹和 / 故障可能是做不到的, 因为特性和 / 或症状可能不表现为致命或灾难性的故障。随着元件的继续使用及接触环境中的湿气, 裂纹进一步加重并最终导致受影响元件发生致命 / 灾难性故障。

在安装有陶瓷基底型LED元件的LED板组件中也观察到了此类现象。LED光源制造商们遇到了一种故障模式, 这种模式通常被报告为“无光输出”、“光输出暗淡”或“光输出闪烁”。在分析此类样品时, 通常可以在LED芯片中观察到与陶瓷基板中的裂纹一致的裂纹。

### LED光源组件

在典型的LED光源中, LED板用一个或多个金属螺丝固定到铝制散热片 / 外壳上。散热膏或散热焊盘通常被用于LED板和铝制散热片之间, 以帮助光源工作过程的散热。根据光源的大小和设计限制, 电子驱动电源电路可放置在光源的内部或外部。图1显示了一个典型LED光源的例子。图2显示了用螺丝固定到底层散热片组件上的LED板。



图1: LED光源示例

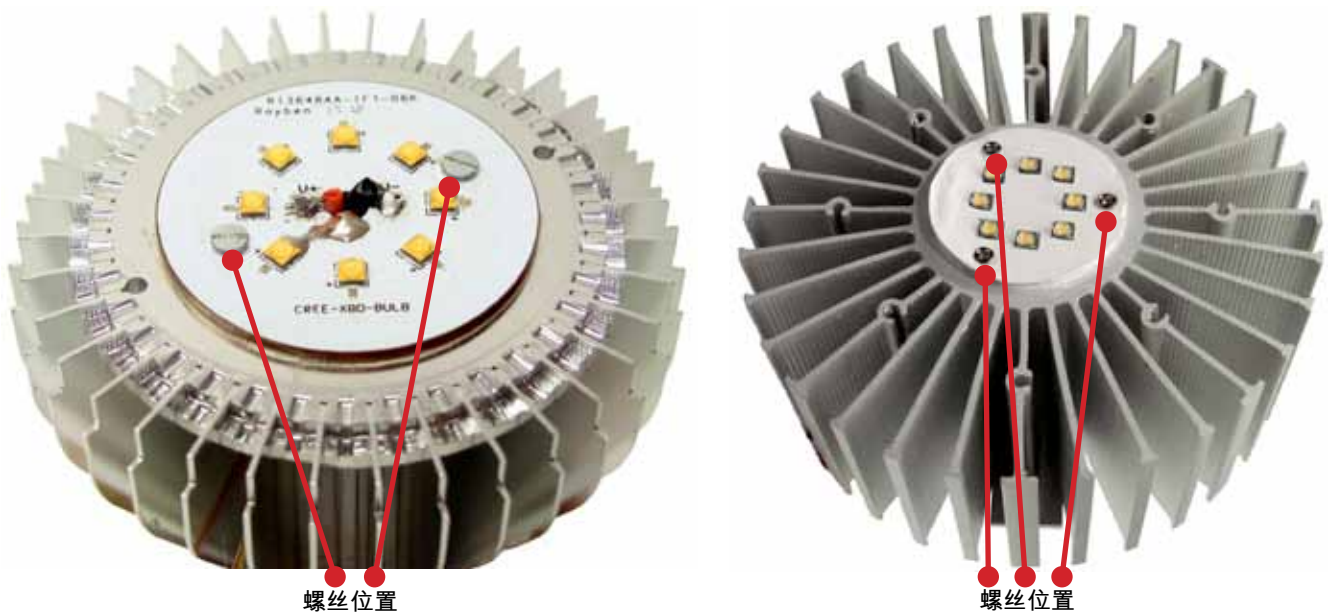


图2: 安装到散热片上的LED板示例。除了散热膏 / 胶带之外, 通常还使用金属螺丝, 以确保LED板紧密粘附到底层散热片组件上。

## 什么可能导致PCB弯曲 / 挠曲？

以下是PCB可能弯曲或挠曲从而引起固定在PCB上的LED芯片产生裂纹的各种情况。

### 1. 螺丝拧紧 / 扭转

在LED光源制造过程中，通常通过手动拧紧或自动扭转金属螺丝来将LED板安装到散热片组件上。PCB挠曲是由于板在挠曲时会形成弧形的固有特性造成的，在拧紧 / 扭转螺丝过程中可能较容易发生，导致应力被直接施加到焊接在PCB上的陶瓷基底型LED上。该应力通过焊料被传递到陶瓷基底上，以及共晶装附的LED芯片上。图3是在PCB弯曲 / 挠曲过程中施加到LED上的应力方向的图示。

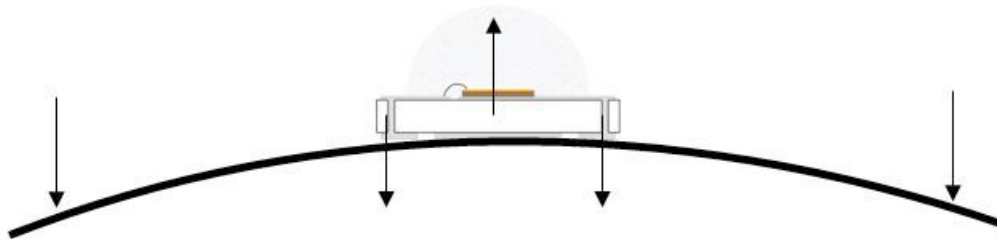


图3: PCB弯曲 / 挠曲时施加到LED上的应力方向

### 2. PCB表面不平整 / 凸起

如果安装LED板的表面不平整、翘曲或凸起，PCB挠曲可能就更明显。如果无法控制涂敷量或者涂敷不平整，在手动涂敷散热膏的过程中就可能较容易发生PCB挠曲。仅在LED下面使用一层散热胶带或散热膏可能足以在LED芯片工作过程中进行散热，但会造成LED板安装表面凸起或不平整的不良结果，这反过来又导致在螺丝拧紧过程中发生PCB弯曲 / 挠曲，给LED施加应力。即使覆盖整个板的表面，在LED板下面使用一厚层散热胶带也未必是防止板挠曲的最好解决方案。与局部 / 不平整表面的影响相同，散热胶带材料的弹性也可能导致螺丝过度拧紧。这反过来导致PCB弯曲 / 挠曲。

### 3. 回流焊接LED板

在LED板组件回流焊接过程中可能产生PCB翘曲或弯曲，特别是如果PCB是由热膨胀系数（CTE）差异极大的材料制成时。在该过程中，应力可能通过用于将LED装附到底层PCB表面上的焊料施加到LED上。焊料使用过量可能导致LED更容易受到热应力，从而当LED变热时在焊点处造成裂纹。

### 4. PCB冲孔 / 分离

为了提高制造效率，LED板组件制造商通常给联结在一起的多个LED板同时安装元件。在进行回流和 / 或测试流程之后，制造商使用冲孔工具或进行手动断裂流程来分离LED板。在该分离过程中，可能较容易发生PCB弯曲 / 挠曲，给焊接到其上的陶瓷基板型LED施加过大应力，从而导致裂纹。

操作员在该过程中对LED板组件处理不当是在调查与板弯曲 / 挠曲LED相关的元件故障根本原因过程中不容忽视的另一因素。

**从由PCB弯曲 / 挠曲引起的LED芯片裂纹中观察到的趋势**

Cree对故障LED光源的分析揭示了以下趋势。

**1. LED芯片裂纹的方向与基底裂纹相同**

在用于LED光源的LED芯片中观察到的主要故障模式之一是，LED芯片表现出泄漏和 / 或短路LED电流 / 电压特性。在大部分情况下，除了LED芯片裂纹之外，还可在焊接在LED芯片下的陶瓷基底中观察到裂纹。两种裂纹方向相同并且一致，这意味着如果延长陶瓷基底的裂纹，该裂纹看起来就像是延续到LED芯片上一样。这充分表明LED芯片中的裂纹是由底层陶瓷基底的裂纹引起的。图4显示了体现这一趋势的LED示例。

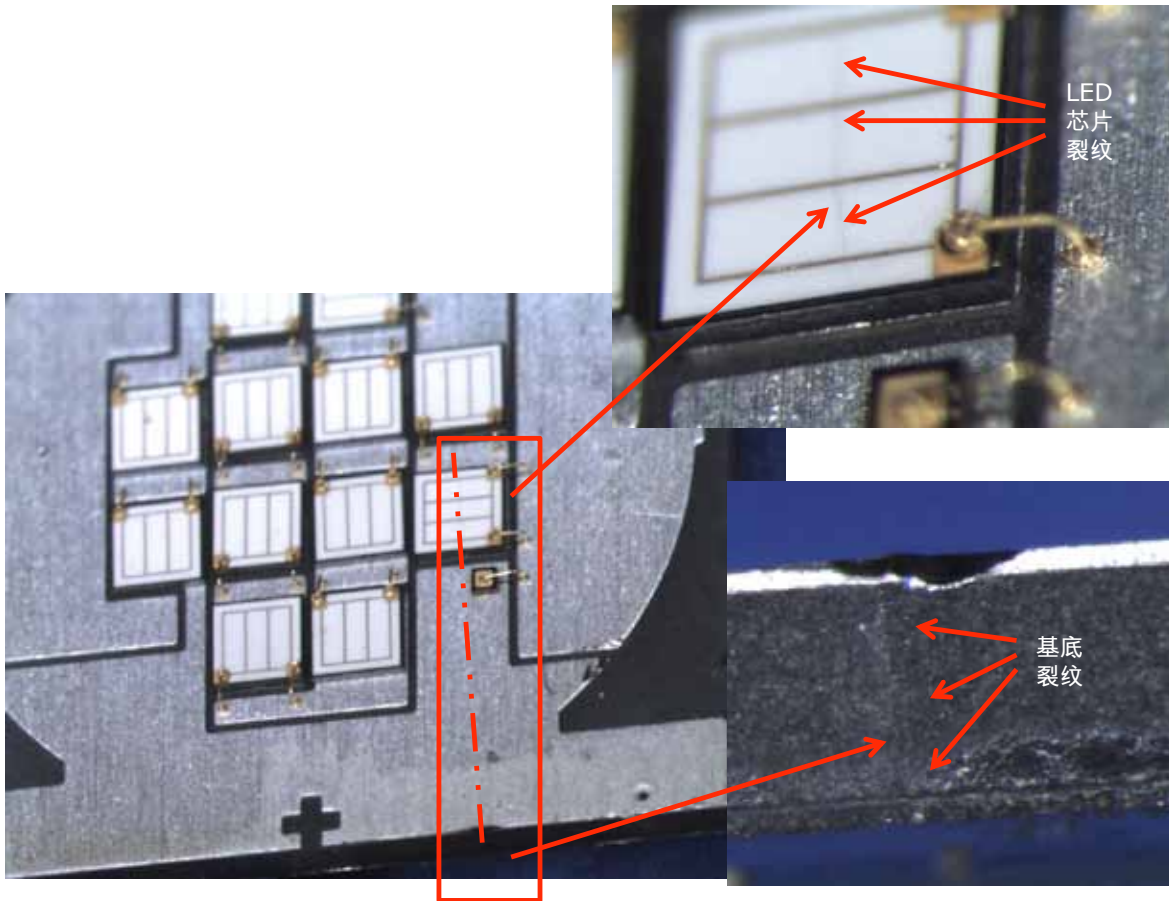


图4：在陶瓷型多芯片LED上观察到的裂纹与陶瓷基底裂纹的方向相同

### 2. LED芯片和 / 或陶瓷基底中的裂纹方向垂直于PCB弯曲 / 挠曲方向

从LED芯片裂纹中观察到的的另一趋势是，对于使用偶数数量螺丝的组件，裂缝的方向总是垂直于螺丝位置的轴线。图5显示了从LED光源上拆下来的损坏的LED芯片。LED板是用两个螺丝固定的。

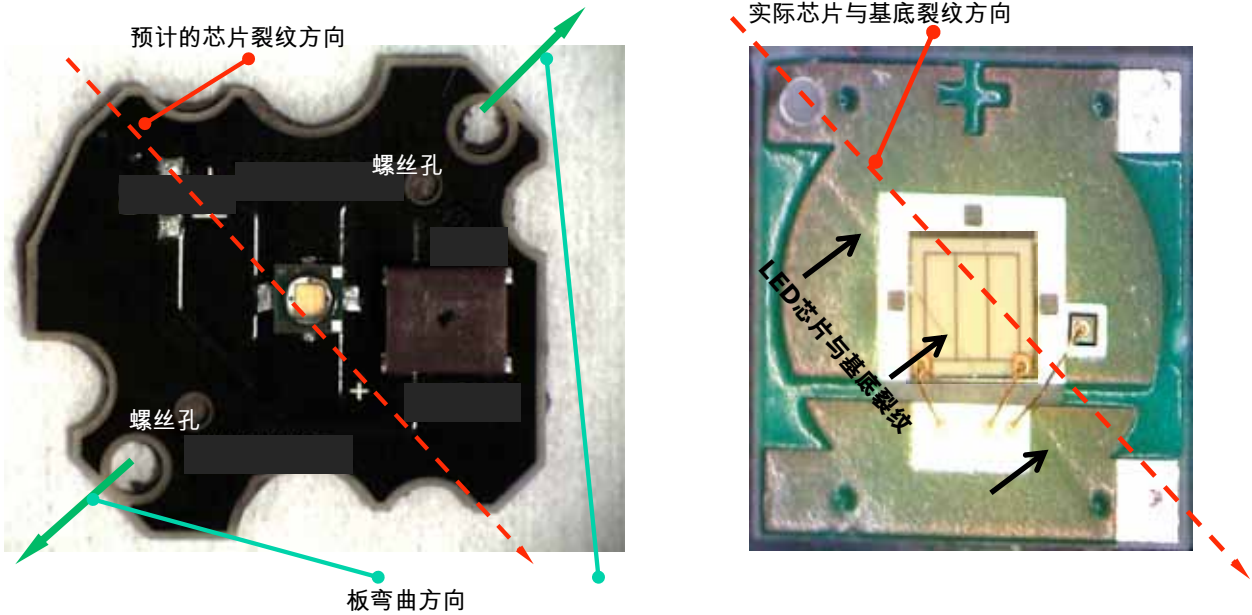


图5：LED螺纹方向垂直于应力方向。右侧图片是左侧PCB的近视图。

### 3. 在LED芯片中的弧状裂纹

如果使用奇数数量的螺丝安装PCB，则在LED芯片上观察到的裂纹呈弧形且方向与板弯曲方向相反。图6显示了从用3个螺丝安装的PCB上拆下来的损坏的LED芯片。

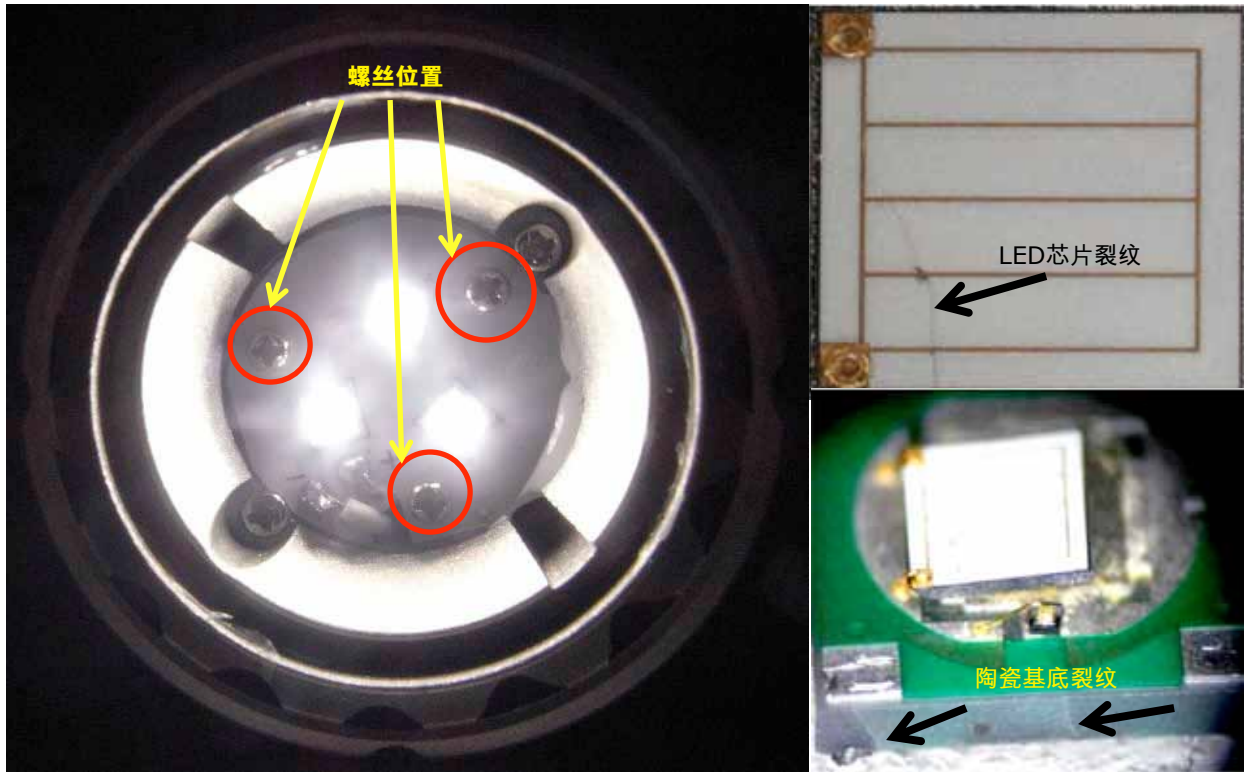


图6：呈弧形的LED芯片裂纹。右侧图片是左侧LED灯的近视图。

## 总结

Cree将LED芯片和基底中的裂缝确定为在LED光源中采用的陶瓷基底型LED中观察到的不稳定光照、局部光照或无光照故障的根源。该故障模式主要是在MR16或GU10型灯具中观察到的。所有遇到该故障模式的LED光源制造商除了使用散热膏或胶带，还都使用了一个或多个金属螺丝，把安装有一个或多个陶瓷基底型LED的PCB固定到散热片外壳上。金属螺丝通过手动使用手持式螺丝刀或通过以已知扭力自动扭转来紧固或拧紧。

Cree从故障LED中观察到的分析结果显示，PCB弯曲/挠曲最有可能是造成LED元件故障的根本原因，并且一些观察到的趋势值得注意。这些趋势如下：

1. LED芯片裂纹式损坏仅发生在陶瓷基底型LED上。金属框架型LED未出现由PCB挠曲引起的裂纹。
2. 如果出现裂纹，则LED芯片中的裂纹总是与陶瓷基底中的裂纹一致。
3. 如果使用偶数数量的螺丝来将LED板紧固到散热片组件上，则LED芯片和/或陶瓷基底上裂纹的方向总是垂直于PCB弯曲/挠曲方向。
4. 如果使用奇数数量的螺丝来将LED板紧固到散热片组件上，则LED芯片上裂纹呈弧形。
5. LED元件越大（无论是单芯片或多层片形式），就越容易产生裂纹。

PCB弯曲 / 挠曲是存在于电子板组件行业（包括LED板）中的一种不可避免的现象。这种PCB弯曲 / 挠曲可能导致LED芯片产生裂纹，这些裂纹反过来又导致LED元件产生灾难性故障，但如果采用以下预防措施，就可能最大程度地减少这种PCB弯曲 / 挠曲。

1. 将LED板安装到散热片上时，不要过度拧紧螺丝。
2. 自动扭转和拧紧螺丝时，始终使用设定的扭力。
3. 不要使用过量的散热膏或厚的散热胶带 / 散热焊盘。
4. 不要手动涂敷散热膏，要采用计量涂敷方式。
5. 不要局部涂敷散热膏或散热胶带，即不要只在LED元件下面涂敷。均匀和计量涂敷对于在紧固过程中尽量减少潜在的板弯曲 / 挠曲是至关重要的。
6. 不要将LED板安装在翘曲、凸起或不平整的表面上。
7. 不要使用过量的焊料来将LED安装到PCB上。
8. 在设计LED板时，考虑使用热膨胀系数相近的材料，以尽量减少热暴露过程中的热膨胀系数不匹配情况。
9. 在组装LED板后进行操作时，始终确保板得到适当支撑，以尽量减少板弯曲 / 挠曲。
10. 如果必须在组装后分离LED板，则确保保持分离的板用夹具来牢固支撑，以防止它们发生挠曲或弯曲。
11. 在设计LED板时，确保LED的尺寸和重量均匀地分布在板上，以防止在热暴露过程中可能发生的弯曲 / 挠曲。

我们有待光源制造商进一步调查PCB弯曲 / 挠曲引起的故障并确定具体、可量化的措施，以尽量减少光源出现此类故障。

## 参考文献

1. KEMET Engineering Bulletin F-2111, Ceramic Chip Capacitors "Flex Cracks" Understanding & Solutions, January, 1998. Jim Bergenthal
2. KEMET Engineering Bulletin F-2110, Capacitance Monitoring While Flex Testing, June, 1995. Jim Bergenthal and John D. Prymak
3. Safer Technology, Ltd., Application Note AN0005, Mechanical Cracking, The Major Cause for Multilayer Ceramic Capacitor Failures